

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-043904

(43)Date of publication of application : 14.02.2003

(51)Int.Cl. G03H 1/10  
 G02B 27/58  
 G06K 7/12  
 G06K 19/06  
 G11B 7/0065  
 G11B 7/135

(21)Application number : 2002-169328

(71)Applicant : INPHASE TECHNOLOGIES INC

(22)Date of filing : 10.06.2002

(72)Inventor : KING BRIAN

(30)Priority

Priority number : 2001 296449  
 2002 059242

Priority date : 08.06.2001  
 31.01.2002

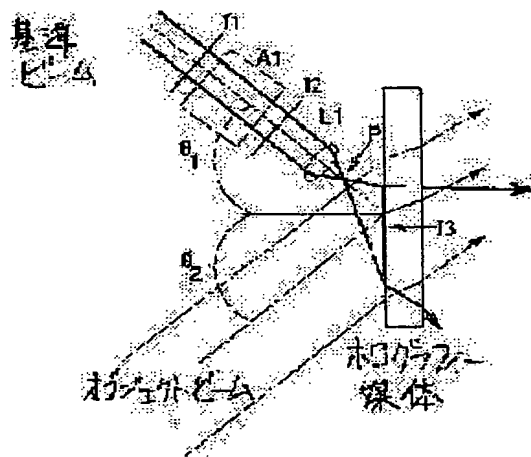
Priority country : US  
 US

(54) METHOD FOR IMPROVING HOLOGRAPHIC WRITING BY USING BEAM APODIZATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for generating a reference beam having uniform intensity in a part outside of the central 60% of the power by allowing the incident reference beam for a holographic writing medium to be subjected to apodization.

SOLUTION: The method for allowing the incident reference beam for a holographic writing medium to be subjected to apodization includes a process of allowing the incident reference beam to enter an apodizer and a process of generating a modified reference beam having a substantially uniform intensity profile on a region of the holographic writing medium. The axis of the incident reference beam is inclined from the normal line at a point in the region. The region contains an overlapped area of the modified reference beam and an object beam.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-43904

(P2003-43904A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 3 H 1/10		G 0 3 H 1/10	2 K 0 0 8
G 0 2 B 27/58		G 0 2 B 27/58	5 B 0 3 5
G 0 6 K 7/12		G 0 6 K 7/12	B 5 B 0 7 2
19/06		G 1 1 B 7/0065	5 D 0 9 0
G 1 1 B 7/0065		7/135	Z 5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-169328(P2002-169328)

(22) 出願日 平成14年6月10日 (2002.6.10)

(31) 優先権主張番号 60/296,449

(32) 優先日 平成13年6月8日 (2001.6.8)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(31) 優先権主張番号 10/059,242

(32) 優先日 平成14年1月31日 (2002.1.31)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 501182197

インフェイズ テクノロジーズ インコーポレイテッド

アメリカ合衆国 コロラド州 80501 ロングモント バイク ロード 2000

(72) 発明者 ブライアン キング

アメリカ合衆国 コロラド 80503, ロングモント, ナンバー304, レイクパーク ウェイ 3212

(74) 代理人 100078282

弁理士 山本 秀策 (外2名)

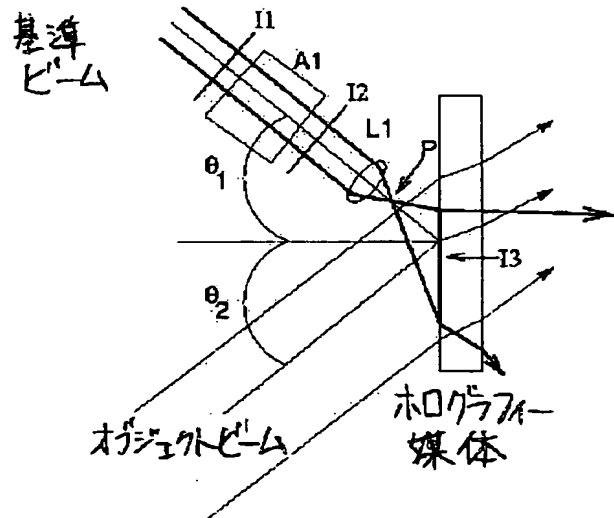
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ビームアポダイゼーションを用いてホログラフィック書き込みを向上させる方法

## (57) 【要約】

【課題】 ホログラフィック書き込み媒体のための入射基準ビームをアポダイズすることによって、パワーの中央60%以外の部分の強度が均一な基準ビームを生成する方法を提供する。

【解決手段】 本発明の方法は、ホログラフィック書き込み媒体のための入射基準ビームをアポダイズする方法であって、該入射基準ビームをアポダイザーに入射させる工程と、実質的に均一な強度プロファイルを有する変調された基準ビームを該ホログラフィック書き込み媒体の一領域上に生成する工程とを包含し、該入射基準ビームは、該領域中の点における垂線から軸がずれ、該領域は、該変調された基準ビームおよびオブジェクトビームのオーバーラップを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ホログラフィック書き込み媒体のための入射基準ビームをアポダイズする方法であって、該入射基準ビームをアポダイザーに入射させる工程と、実質的に均一な強度プロファイルを有する変調された基準ビームを該ホログラフィック書き込み媒体の一領域上に生成する工程とを包含し、該入射基準ビームは、該領域中の点における垂線から軸がずれ、該領域は、該変調された基準ビームおよびオブジェクトビームのオーバーラップを含む、方法。

【請求項2】 前記入射基準ビームは、コリメートビーム、集束ビームおよび発散ビームからなる群から選択される、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記入射基準ビームは球面ビームである、請求項1に記載の方法。

【請求項4】 前記変調された基準ビームは球面ビームである、請求項1に記載の方法。

【請求項5】 前記領域は、前記ホログラフィック書き込み媒体上のまたは該ホログラフィック書き込み媒体内部の平面表面である、請求項1に記載の方法。

【請求項6】 前記ホログラフィック書き込み媒体は、光学的にフラットな平面媒体である、請求項1に記載の方法。

【請求項7】 前記入射基準ビームは、前記入射基準ビームに対して垂直な表面上に実質的に均一な強度プロファイルを有するコリメートビームである、請求項1に記載の方法。

【請求項8】 前記アポダイザーは伝達マスクを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項9】 前記アポダイザーは、回折性アポダイゼーションシステムを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項10】 前記ホログラフィック書き込み媒体は、ポリマーマトリクスを含むホログラフィック書き込み媒体である、請求項1に記載の方法。

【請求項11】 前記ホログラフィック書き込み媒体のレイリー比 ( $R_{\text{。}} \cdot$ ) は  $7 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$  未満である、請求項10に記載の方法。

【請求項12】 前記ホログラフィック書き込み媒体の厚さは  $200 \mu\text{m}$  よりも厚く、 $\Delta n$  は  $3 \times 10^{-3}$  以上である、請求項10に記載の方法。

【請求項13】 入射基準ビームおよびホログラフィック書き込み媒体をアポダイズするアポダイザーを備えるアポダイゼーションシステム。

【請求項14】 前記入射基準ビームの光源およびオブジェクトビームの光源をさらに備える、請求項13に記載のアポダイゼーションシステム。

【請求項15】 前記オブジェクトビームは符号化された情報を含み、前記入射基準ビームは未変調のビームである、請求項14に記載のアポダイゼーションシステム。

【請求項16】 前記アポダイザーは伝達マスクを含む、請求項13に記載のアポダイゼーションシステム。

【請求項17】 前記アポダイザーは回折性アポダイゼーションシステムを含む、請求項13に記載のアポダイゼーションシステム。

【請求項18】 アポダイゼーションシステムのアポダイザーを演算する方法であって、アポダイゼーション平面と該ホログラフィック書き込み媒体中の関連付けられた面との間の強度プロファイル関係を光線追跡する工程を包含し、該アポダイゼーションシステムは、該アポダイザーおよびホログラフィック書き込み媒体を備える、方法。

【請求項19】 前記光線追跡工程はジオメトリカルな光学素子によって行われる、請求項18に記載の方法。

【請求項20】 アポダイザー透過率を判定する工程をさらに包含する、請求項18に記載の方法。

【請求項21】 アポダイゼーションシステムのアポダイザーを演算する方法であって、アポダイゼーション平面と該ホログラフィック書き込み媒体中の関連付けられた面との間の強度プロファイル関係を光線追跡する工程を包含し、該アポダイゼーションシステムは、該アポダイザーおよびホログラフィック書き込み媒体を備える、方法。

【請求項22】 前記強度プロファイル関係を判定する工程は、物理的光学素子によって行われる、請求項21に記載の方法。

【請求項23】 アポダイザー透過率を判定する工程をさらに包含する、請求項21に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】 (関連出願) 本願は、2001年6月8日に出願された、「METHOD FOR IMPROVED HOLOGRAPHIC RECORDING USING BEAM APODIZATION」というタイトルの仮出願シリアル番号第60/296,449号から得られる優先権を主張する。本明細書中、同出願の開示内容全体を参考のため援用する。

## 【0002】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ビームのアポダイゼーションを用いてホログラフィックデータを格納するシステム(HDSS)のための適切な方法に関する。より詳細には、本発明は、ホログラフィック記録媒体の領域上の強度プロファイルが実質的に均一な変調された基準ビームを生成する方法に関する。

## 【0003】

【従来の技術】 ホログラフィックデータを格納する場合、データを搬送するオブジェクト波を、感光性媒体内部の基準ビームでオーバーラップする。典型的には、オブジェクトビームおよび基準ビームによって生成された干渉パターンが、媒体の隅々の材料反射率を変調させ、その結果、位相ホログラムが得られる。ホログラフィッ

ク格納システムは、データを格納するためにホログラフィック格納媒体を用いる格納システムである。ホログラフィック格納媒体は光屈折率効果を利用したものであり、その詳細については、David M. Pepperらによる「The Photorefractive Effect」(Scientific American、1990年10月、62～74ページ)に記述されている。光屈折率材料中の反射率は、当該材料を通過する光によって変化させることが可能である。このような材料中の反射率を制御可能な状態で変化させることにより、情報を干渉パターン（またはホログラム）の様態で光屈折率材料中に格納することが可能である。ホログラフィック格納システムを用いると、情報をホログラフィック格納媒体中に高密度、高容量かつ高速に格納することが可能である。

【0004】光屈折率効果は、特定の種類の結晶中に発生し、鉄がドーブされたニオブ酸リチウムにおいて最も頻繁に見られる。別のクラスの格納材料としてはフォトポリマー（感光性ポリマー）がある。フォトポリマーにも位相ホログラムが書き込まれるが、フォトポリマーの場合、光屈折率効果を介した書き込みはできない。

【0005】ホログラムは、データを三次元の様態で格納し、ページ全体のデータを一度に読み出す。これは、データを二次元で格納し、トラック読出しを一度に行う光学CDディスクと対照的である。ホログラム書き込みによって得られる利点としては、高密度（ $10^{11}$  バイト台のデータを格納）、高速（ $10^8$  以上のビット/秒の転送速度）、およびランダムに選択されたデータ素子を100マイクロ秒以下で選択する能力がある。これらの利点を可能にしているのは、三次元の書き込みおよびページ全体のデータの同時読み出しである。

【0006】ホログラムはパターン（格子としても知られる）の集合であり、これらのパターンは、感光性材料（LSM）中において2つのレーザビームが干渉したときに形成される。感光性材料（LSM）の光学特性は、その内部において2つのレーザビームが干渉したときに変化する。このようにしてデータビットをLSM中に押印できるような状態にするためには、ラップトップコンピュータ中にあるディスプレイを小さくしたようなディスプレイ（例えば、液晶ディスプレイ（LCD）画面）上に、当該データビットをはっきりとしていてかつ不透明な正方形のパターンとして表す必要がある。例えば、このクロスワードパズル状のパターン（これはページと呼ばれる）中にレーザビームを照射して、このレーザビームをレンズによって集束させて、ビーム（信号ビームとして知られる）を生成する。この信号ビームが別のビーム（これは基準ビームと呼ばれる）と出会うと、データのページのホログラムがLSM中に生成される。基準ビームはコリメートすることが可能であ

り、すなわち、基準ビームの電界は位相同期し、クレスト（crest）およびトラフ（trough）は、密集した状態で（in lock step）平面を通過する。このような波は、平面波として知られている。信号ビームおよび基準ビームが交わったときに生成された格子は、LSMにおいて材料の反射率の変調として捕獲される。

【0007】格子への書き込みが終わると、基準ビームのLSMへの入射角度と同じ角度から基準ビームをLSM中に入射させてホログラムを生成することにより、ホログラフィーによってページを再構築することができるようになる。基準ビームは、LSM中の格子を通過すると回折するが、その際、基準ビームの回折は、回折によって元のページおよびそのページ上に含まれる情報の画像が再現されるような様態で行われる。次いで、再構築されたページを検出器（例えば、明暗のパターンを感知する電気光学検出器のアレイ）上に投射して、これにより、当該ページ上に格納された情報全てを一度に読み出す。その後、任意の従来のコンピュータを用いて当該データを電子的に格納、アクセスまたは操作することが可能になる。

【0008】典型的なホログラフィック格納システムにおいて、2つのコヒーレント光ビームをホログラフィック格納媒体上に集束させる。第1のコヒーレント光ビームは信号ビームであり、データを符号化する際に用いられる。第2のコヒーレント光ビームは基準光ビームである。これらの2つのコヒーレント光ビームは、格納媒体中において干渉して干渉パターンを生成する。ホログラフィック格納媒体は、反射率を変更して干渉パターンの画像を形成することにより、この干渉パターンを書き込む。

【0009】書き込まれた情報はホログラフィック画像として格納され、これは、ホログラフィック画像を基準ビームで照射することによって読出しが可能である。ホログラフィック画像を適切な角度の基準ビームで照射すると、格納情報を含む信号ビームが生成される。ホログラフィック画像の適切な照射角度は、ホログラフィック画像を書き込む際に用いられた基準ビームの角度と同じである。読出し期間中に基準ビーム角度が少しでもずれると、ホログラムは再構築できなくなる。そのため、複数の基準ビーム角度を密集した状態で配置して、ホログラムを書き込むようにすることにより、多くのこのようなホログラムを同じボリュームの材料中に多重化させることが可能になる。よって、同じボリュームを用いて複数のホログラフィック書き込み情報を格納することが可能であるため、格納容量を大きくすることが可能となる。

【0010】信号ビームの様態で情報を符号化する方法には様々なものがある。情報を信号ビーム中に符号化する1つの方法として、空間-光モジュレータ（SLM）

と呼ばれる電子マスク中に光ビームを通過させる方法がある。SLMは、正方形の二次元マトリクスである。マトリクス中の各正方形は、バイナリ1に対応する伝達光に方向付けるか、または、バイナリ0に対応するブロック光に方向付けることができる。同様に、SLMを反射性デバイスにして、バイナリ0を表す画素が入射光を反射しないようにし、一方でバイナリ1が入射光を強く反射するようにしてもよい。信号ビームは、SLMによって符号化されると、格納媒体上に集束し、基準ビームと交差して干渉パターンを形成する。このような三次元干渉パターンは、信号ビーム中に符号化された情報を、ホログラフィック格納媒体に記録する。

【0011】ホログラフィック格納媒体に書き込まれた情報は、格納媒体を基準ビームで照射することによって読み出される。次いで、通常、その結果得られた信号ビームを、センサ（例えば、電荷結合素子（CCD）アレイまたはCMOSカメラ）上に集束させることが多い。「CMOS」という略語は、「相補型金属酸化膜半導体」を表す。このセンサは、データを復号する能力を有する復号器に取り付けられる。

【0012】ホログラフィック格納媒体は、ホログラムの書き込み先でありかつ画像を再構築する際の土台となる材料を含む。ホログラフィック格納媒体は、様々な形態をとることができ、例えば、分散状のハロゲン化銀粒子、感光性ポリマー膜（「フォトポリマー」）または自立型結晶（例えば、鉄ドーピングされたLiNbO<sub>3</sub>結晶）を含む膜を含み得る。「RECORDING MEDIUM AND PROCESS FOR FORMING MEDIUM」というタイトルの米国特許第6,103,454号に、ホログラフィック格納媒体用途に適切な複数の種類のフォトポリマーについての概要についての記載がある。同特許には、フォトポリマーを情報搬送光にさらすホログラムを生成する例についての記載がある。当該光にさらされた領域中では、モノマーの重合が発生する。重合したモノマーの濃度は低下するため、光にさらされていない暗領域の材料からのモノマーは、光にさらされている領域に向かって拡散する。このような重合と、重合によって生じた濃度勾配とによって屈折率が変化し、その結果、光によって搬送される情報を表すホログラムが形成される。

【0013】図1は、ホログラフィックシステム100の基本的コンポーネントを示す。システム100は、SLM112と、ホログラフィック格納媒体114と、センサ116とを含む。SLM112は、オブジェクト画像を用いてビーム120を符号化する。ホログラフィック格納媒体114上のまたはホログラフィック格納媒体114内の位置において符号化された信号ビーム120と基準ビーム122とを干渉させることにより、このオブジェクト画像を格納する。この干渉の結果、干渉パターン（またはホログラム）が生成され、この干渉パター

ン（またはホログラム）は（例えばホログラフィック屈折率格子のパターンとして）媒体114中に獲得される。

【0014】1つ以上のホログラフィック画像を単一のロケーションに格納することが可能であり、また、1つのホログラフィック画像を単一のロケーションに格納することも可能であり、あるいは複数のホログラムをオーバーラップした位置に格納することも可能である。このような様々な格納様態は、例えば、基準ビーム122の角度、波長または位相を（用いられる特定の基準ビームに応じて）変化させることによって可能となる。信号ビーム120は典型的には、レンズ130を通過した後、媒体114中において基準ビーム122と交差し合う。基準ビーム122をレンズ132を通過させた後に上記交差を行わせることも可能である。媒体114中にデータが格納されると、データを取り出すことが可能となり、データ取り出しは、基準ビーム122と媒体114との交差を同じロケーションでかつデータ格納時の基準ビーム122の角度、波長または位相と同じ角度、波長または位相で行うことにより、行われる。再構築されたデータは、1つ以上のレンズ134を通過して、その後センサ116によって検出される。センサ116は、例えば、電荷結合素子またはアクティブ画素センサである。センサ116は典型的には、データ復号を行うユニットに取り付けられる。

【0015】書き込まれたホログラムの品質を、回折効率、多重化選択性および画像忠実度といったパラメータを用いて測定すると、ホログラムの品質は、各システムのインプレメンテーションに固有の様々な詳細点による影響を直接受ける。しかし、多くの設計の場合と同様に、基準ビームが感光性媒体に入射する角度は、媒体表面に対して垂直な大きな角度である。基準ビームが集束性および／または発散性である場合、媒体表面上の異なる位置によって限定される立体角が変化するため、媒体上の照射スポットの強度[Watts/cm<sup>2</sup>]は、不均等に分布するようになる。このように空間強度プロファイルが不均等になると、書き込まれたホログラムの空間強度も不均等となり、その結果、ホログラム品質が劣化する。

【0016】ホログラフィック書き込みの際に用いられることの多いレーザビームの空間強度プロファイルは、レーザ共振器の発振モードによって決定され、最も単純なモードでは、ガウス曲線プロファイルまたは釣鐘型のプロファイルとなる。基準ビームのアポダイゼーションまたはビーム整形は、光学パワーを再分布させる技術であり、その共通の目標は、強度分布を均一にすることである。

【0017】ビームの空間プロファイルを均等に（または均一に）した状態で生成する1つの方法として、ガウス曲線ビームのみを拡張させて、その中央部分のみを用

いるという単純な方法がある。しかし、この方法の場合、パワー効率と所望の均一な照射の入手とがトレードオフとなる。例えば、特定のエリアにわたって5%の照射均一性が必要となる場合、入射基準ビームパワーのうち実際に使用できるのは5%のみとなる場合が多い。レーザー物理の分野において、レーザービームを断面が均一な状態で効率よく生成することを可能にする方法が長く望まれている。多くの独創的な解決法が提案されてきたが、実施されてきたのはその中でもごくわずかであり、しかも、そのような実績のある解決法にも不利点が付いて回る状態である(例えば、均一性に乏しい、回折効果が思わしくない、波面にひずみが発生する、アボダイゼイションビームの質が悪い、製造コストが高い、アボダイザーのアライメント不良に対して大きく影響されるなど)。さらに、多くの解決法(例えば、回折性光学素子)によって生成されたビームは、空間中の一平面中に均一な強度を達成するものの、その後発散して、平面から離れた方向にひずんでいく。

【0018】J. Ashleyらによる「Holographic data storage」(IBM J. Res. Develop. Vol. 44, No. 3, 341 (2000年5月))において、典型的な非球面アボダイザーについての開示がある。双素子望遠鏡に伝達光学素子を設けたものが設計されている。これは、比較的フラットトップ(flat-top)なレーザービームを生成し、このレーザービームは、数メートルを伝播することができ、ひずみは小さく、回折によって限定される波面品質を有する。ガウス曲線-ビーム/平頂変換器は、凸状の非球面レンズを用いて光学収差をビーム中に導入し、特定の入射ガウス曲線のプロファイルからのレーザーパワーを比較的フラットトップなプロファイルに再分配する。第2の非球面光学素子は、この収差したビームを再度コリメートし、波面品質を回復させ、そして、当該ビームが拡散することなく長距離を伝播することを可能にする。その結果、出力パワーの中央の60%のみの強度が2%まで均一となる。入力ビームおよび出力ビームの寸法は、所与のアボダイザーについて固定される。図2は、Ashleyらによるアボダイザーを用いて測定された入力強度プロファイルおよび出力強度プロファイル(ロールオフは図示していない)の一例を示す。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかし、Ashleyらの方法には、出力パワーの中央60%以外の部分の強度が実質的に変動するという欠点がある。従って、ホログラム空間の不均一性をさらに厳密に修正して、強度が均一な基準ビームを生成する効率の良い方法がさらに必要とされている。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の方法は、ホログ

ラフィック書き込み媒体のための入射基準ビームをアボダイズする方法であって、該入射基準ビームをアボダイザーに入射させる工程と、実質的に均一な強度プロファイルを有する変調された基準ビームを該ホログラフィック書き込み媒体の一領域上に生成する工程とを包含し、該入射基準ビームは、該領域中の点における垂線から軸がずれ、該領域は、該変調された基準ビームおよびオブジェクトビームのオーバーラップを含む。

【0021】本発明の方法は、前記入射基準ビームは、コリメートビーム、集束ビームおよび発散ビームからなる群から選択されてもよい。

【0022】本発明の方法は、前記入射基準ビームは球面ビームであってもよい。

【0023】本発明の方法は、前記変調された基準ビームは球面ビームであってもよい。

【0024】本発明の方法は、前記領域は、前記ホログラフィック書き込み媒体上のまたは該ホログラフィック書き込み媒体内部の平面表面であってもよい。

【0025】本発明の方法は、前記ホログラフィック書き込み媒体は、光学的にフラットな平面媒体であってもよい。

【0026】本発明の方法は、前記入射基準ビームは、前記入射基準ビームに対して垂直な表面上に実質的に均一な強度プロファイルを有するコリメートビームであってもよい。

【0027】本発明の方法は、前記アボダイザーは伝達マスクを含んでもよい。

【0028】本発明の方法は、前記アボダイザーは、回折性アボダイゼイションシステムを含んでもよい。

【0029】本発明の方法は、前記ホログラフィック書き込み媒体は、ポリマーマトリクスを含むホログラフィック書き込み媒体であってもよい。

【0030】本発明の方法は、前記ホログラフィック書き込み媒体のレイリー比( $R_{\text{sc}}$ )は $7 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ 未満であってもよい。

【0031】本発明の方法は、前記ホログラフィック書き込み媒体の厚さは $200 \mu\text{m}$ よりも厚く、 $\Delta n$ は $3 \times 10^{-3}$ 以上であってもよい。

【0032】本発明のアボダイゼイションシステムは、入射基準ビームおよびホログラフィック書き込み媒体をアボダイズするアボダイザーを備える。

【0033】本発明のアボダイゼイションシステムは、前記入射基準ビームの光源およびオブジェクトビームの光源をさらに備えてもよい。

【0034】本発明のアボダイゼイションシステムは、前記オブジェクトビームは符号化された情報を含み、前記入射基準ビームは未変調のビームであってもよい。

【0035】本発明のアボダイゼイションシステムは、前記アボダイザーは伝達マスクを含んでもよい。

【0036】本発明のアボダイゼイションシステムは、

前記アボダイザーは回折性アボダイゼーションシステムを含んでもよい。

【0037】本発明の方法は、アボダイゼーションシステムのアボダイザーを演算する方法であって、アボダイゼーション平面と該ホログラフィック書き込み媒体中の関連付けられた面との間の強度プロファイル関係を光線追跡する工程を包含し、該アボダイゼーションシステムは、該アボダイザーおよびホログラフィック書き込み媒体を備える。

【0038】本発明の方法は、前記光線追跡工程はジオメトリカルな光学素子によって行われてもよい。

【0039】本発明の方法は、アボダイザー透過率を判定する工程をさらに包含してもよい。

【0040】本発明の方法は、アボダイゼーションシステムのアボダイザーを演算する方法であって、アボダイゼーション平面と該ホログラフィック書き込み媒体中の関連付けられた面との間の強度プロファイル関係を光線追跡する工程を包含し、該アボダイゼーションシステムは、該アボダイザーおよびホログラフィック書き込み媒体を備えてもよい。

【0041】本発明の方法は、前記強度プロファイル関係を判定する工程は、物理的光学素子によって行われてもよい。

【0042】本発明の方法は、アボダイザー透過率を判定する工程をさらに包含してもよい。

【0043】本発明の実施形態は、入射基準ビームをホログラフィック書き込み媒体についてアボダイズする方法である。上記方法は、上記入射基準ビームをアボダイザー上に入射させる工程と、実質的に均一な強度プロファイルを有する変調された基準ビームを上記ホログラフィック書き込み媒体上に一領域上に生成する工程とを含む。上記入射基準ビームは、上記領域中の一地点において上記垂直線から軸がずれる。上記領域は、上記変調された基準ビームおよびオブジェクトビームがオーバーラップした部分を含み得る。上記入射基準ビームは、上記コリメートビーム、集束ビームおよび発散ビームからなる群から選択することが可能である。上記入射基準ビームは球面ビームであり得る。上記変調された基準ビームは球面ビームであり得る。上記領域は、上記ホログラフィック書き込み媒体上のまたは上記ホログラフィック書き込み媒体内の平面であり得る。上記ホログラフィック書き込み媒体は、光学的にフラットな平面媒体であり得る。上記入射基準ビームは、コリメートビームであり得、上記入射基準ビームに対して垂直な面上に実質的に均一な強度プロファイルを有する。上記アボダイザーは、伝達マスクシステムまたは回折アボダイゼーションシステムを含み得る。上記ホログラフィック書き込み媒体は、ポリマーマトリクスを含むホログラフィック書き込み媒体であり得る。上記ホログラフィック書き込み媒体はのレイリー比 ( $R_s$ ) は  $7 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$

未満であり得る。上記ホログラフィック書き込み媒体の厚みは  $200 \mu\text{m}$  よりも大きく、その  $\Delta n$  は  $3 \times 10^{-3}$  以上であり得る。

【0044】別の実施形態は、アボダイゼーションシステムである。上記アボダイゼーションシステムは、入射基準ビームをアボダイズするアボダイザーと、ホログラフィック書き込み媒体と、上記入射基準ビーム用の光源およびオブジェクトビーム用の光源とを含む。上記オブジェクトビームは、符号化された情報を含み、上記入射基準ビームは、未変調ビームであり得る。上記アボダイザーは伝達マスクを含み得る。上記アボダイザーは、回折性アボダイゼーションシステムを含み得る。

【0045】さらに別の実施形態は、上記アボダイザーおよびホログラフィック書き込み媒体を含むアボダイゼーションシステムのアボダイザーを演算する方法である。上記方法は、アボダイゼーション平面と、上記ホログラフィック書き込み媒体中の関連付けられた表面との間の強度プロファイル関係を光線追跡する工程と、アボダイザー透過率を判定する工程とを含む。上記光線追跡する工程は、光学素子のジオメトリであり得る。

【0046】別の実施形態は、上記アボダイザーおよびホログラフィック書き込み媒体を含むアボダイゼーションシステムのアボダイザーを演算する方法である。上記方法は、アボダイゼーション平面と、上記ホログラフィック書き込み媒体中の関連付けられた表面との間の強度プロファイル関係を判定する工程と、アボダイザーの透過率を判定する工程とを含む。この強度プロファイル関係を判定する工程は、物理的光学素子によって行われる。

【0047】理解されるように、本発明を用いれば、他のおよび異なる実施形態が可能となり、本発明の詳細を用いれば、様々な自明の局面において改変を為すことも可能であり、このような可能性は全て本発明から逸脱することなく行うことが可能なものである。従って、本明細書の図面および記載はその本質において例示的なものであると認識されるべきであって、限定的なものとして認識されるべきではない。

【0048】本発明は、本発明の実施の形態を添付の図面と共に参照すればよりよく理解される。

【0049】

【発明の実施の形態】HDSSは、コヒーレント光学ビームに方向付けおよび整形を行って、干渉パターンの書き込み先となる表面またはボリュームにおいて当該ビームを交差させる光学システムから構成される。ホログラムは、媒体中の書き込みパターンを構成する。

【0050】HDSSでは、光学格納材料中に2つのコヒーレントレーザビームを交差させることにより、ページ全体の情報を、光学格納材料の光学干渉パターンとして一度に格納する。第1のビームは「オブジェクトビーム」と呼ばれ、格納されるべき情報を含む。第2のビー



ムは「基準ビーム」と呼ばれる。基準ビームは、未変調ビームである場合が多い（しかし、必ずしもそうでなくてもよい）が、平面波面内の球面ビームまたはコリメートビームであると好ましい。

【0051】本発明において、基準ビームをアボダイザーによって変調する。アボダイザーによって変調される前の基準ビームを「入射基準ビーム」と呼び、変調された後の基準ビームを「変調基準ビーム」と呼ぶ。本発明において、「アボダイザー」という用語は、入射基準ビームを整形して、変調基準ビームを生成することのできる任意のデバイスを指す。入射基準ビームは、アボダイズ化またはビーム整形を受ける。

【0052】全てのホログラフィックシステムの一般的な特性は、感光性媒体内部において2つのコヒーレントビームをオーバーラップさせることである。これらの2つのビームによって生成された干渉パターンは、ホログラムの形態で材料中に書き込まれる。基準ビームおよびオブジェクトビームが媒体中の任意の点においてオーバーラップするときの両者間の強度比により、ホログラムの局所的な書き込み速度が制御される。基準ビームの強度が媒体のボリュームにわたって変動すると、媒体中の異なる位置の書き込み速度にばらつきが生じるため、ホログラムの品質が劣化する。

【0053】本発明では、アボダイザーを用いることにより、上述した問題を解決する。アボダイザーを用いると、相互作用が発生するボリュームの全体においてオブジェクトビームと基準ビームとの間の強度プロファイルの整合を向上させることが可能になり、ホログラムに寄与する。

【0054】ホログラフィックシステムにおいてフーリエ画像平面近隣においてホログラムの書き込みを行う場合、オブジェクトビームの強度は、空間において広範囲に変動する場合が多い。フーリエホログラムには、フーリエ画像のオブジェクトビームに依存して、複数の問題がある。例えば、バイナリ振幅SLM（0画素は暗色、1画素は明色）は、その中心において、オブジェクトビームのパワーの50%を有するフーリエ画像を、DCスポット（典型的には直径～5ミクロン）と共に有する。このDCスポットのパワー密度は、当該オブジェクトの残りのフーリエ画像よりも1000倍強力である。基準ビームのどのようなアボダイゼーションによっても、この問題は解決できていない。この場合、フーリエ平面を2つのビームの書き込み交差部分から移動させるか、または、位相マスクをSLM上に導入してDCスポットを除去するしか方策は無い。これが、基準ビームの代わりにオブジェクトビームをアボダイズする一例である。一\*

$$(I_{max} - I_{min}) / I_{max} \leq 0.1 \quad (1)$$

上記式(1)は、好適には  $(I_{max} - I_{min}) / I_{max} \leq 0.05$  であり、より好適には  $(I_{max} - I_{min}) / I_{max} \leq 0.02$  であり、最も好適には

\*方、本発明は、入射する基準ビームに対して当該領域を傾斜させた、ホログラフィック媒体の一領域に入射する基準ビームをアボダイズすることに関連する。

【0055】基準ビームをアボダイズまたはビーム整形して、ホログラフィック書き込み媒体の一領域上に均一な強度プロファイルを達成する、単純かつ正確な方法について説明する。好適な実施形態において、基準ビームに必要な調節を様々な方法を用いて決定することが可能である。最も簡単なアプローチとして、ジオメトリック光学素子を用いて、媒体表面上の照射基準ビームプロファイルと強度プロファイルとの間の関係を光線追跡する方法がある。その後、この媒体上へのジオメトリック投影による効果を取り消すために必要なプロファイルとしてアボダイザーの透過率を決定する。光学システムが単純である場合、上記透過率は、基本的な数学式において決定することが可能である。上記光線追跡の結果が不適切であるかまたは十分な精度の無いものであった場合、より複雑な方法を用いることも可能である。物理的光学素子のモデリングを用いて、アボダイゼーション表面における強度プロファイルと媒体表面における強度プロファイルとの間の関係を得ることが可能である。物理的な光学素子は、アボダイゼーション表面を通過してホログラフィック媒体表面に到着する波の伝播を支配する波伝播式を数値的に解く。物理的な光学素子を用いると、極めて高い精度を得ることができ、しかも、光学波の実際のベクトルの分極特性およびコヒーレント光の回折特性を正確に考慮することが可能である。物理的な光学素子の演算負担があると、アプローチの実用性が限定され得る。しかし、物理的光学素子は、分極および回折の両方の効果を備える。このような効果は、ジオメトリック光学方法の場合は無視されている。

【0056】本発明のアボダイザーは、基準ビームに通常存在する任意の不均一性を考慮することが可能である。このような不均一性の一例として、ほとんどの形態のレーザに共通するガウス曲線ビームプロファイルがある。基準ビームがコリメートされないと、ビームの自然な発散/集束により、アボダイザーによって修正することが可能な不均一性も発生する。本アボダイザーは、不均一なビームプロファイルのソースに関係なく、ホログラフィック書き込み媒体上の所与の領域内の強度プロファイルを実質的に均一にさせる。

【0057】「実質的に均一な強度」という用語は、ホログラフィック書き込み媒体上の所与の領域内のビームの最大強度および最小強度（それぞれ  $I_{max}$  および  $I_{min}$  で示す）が以下の関係を有する強度を指す：

$$(I_{max} - I_{min}) / I_{max} \leq 0.01 \text{ である。}$$

$I_{max}$  および  $I_{min}$  は、オブジェクトビームと交差する媒体の全ボリュームについて定義される。

【0058】本発明のビームアポダイゼーションは、複数の方法でインプリメントすることが可能であるが、便宜上好適なインプリメント方法を以下に説明する。第1の好適な方法では、ビーム上に吸収マスクを設ける。伝達されるビームは、吸収マスクおよび入力ビームプロファイルの倍数である強度プロファイルを有し得る。吸収マスクは、伝達されるパワー効率を犠牲にすることで、最も単純な解決法を提供する。吸収マスクアポダイザーは、所望のビーム形状の一部ではないパワー全てを除去する。その結果、吸収アポダイザーは典型的には、入力ビームパワーのうちわずか20%~90%を通過させる。

【0059】第2の好適なアポダイゼーション技術では、回折性光学素子を用いて、ビーム中の光学エネルギーを再分配する。回折性光学素子は、高度な（おそらくは多素子の）光学システムを用いることにより、伝達パワーの損失がゼロかまたは極めて低いビーム整形を提供する。

【0060】本発明の一局面において、ホログラフィック書き込み媒体は、光学的にフラットな書き込み媒体である。「光学的にフラットな書き込み媒体」という用語は、厚みのずれが書き込み期間中にアドレッシングされた媒体エリア上の光の波長よりも小さくなるように媒体の有効厚みが制御される特性を指す。

【0061】ホログラフィック格納媒体として多くの種類の材料を用いることが可能である。その中でも、フォトポリマーは、高感度および動的範囲が得られるため、非常に有望である。フェナントレンキノンドープされたポリメタクリル酸メチル（PQ/PMMA）は光学的性質が極めて優れており、ドーパントとポリマーとの間の光反応の後に未反応の発色団の拡散を行うことによって得られる。

【0062】本発明の一局面において、マトリクス前駆物質および光活性モノマーを混合する工程と、上記混合物を硬化させてマトリクスをインサイチュで形成する工程とにより、本発明の光学物品（例えば、ホログラフィック書き込み媒体）を形成する。マトリクスの前駆物質および光活性モノマーは、以下の2つの条件を満たすように選択される：すなわち、（a）硬化期間中にマトリクス前駆物質を重合させる反応がパターン（例えば、データ）の書き込み期間中に光活性モノマーを重合する反応から独立し、かつ、（b）光活性モノマー（フォトポリマー）の重合から得られたマトリクスポリマーおよびポリマーが互いに適合すること。そのマトリクスが形成されるのは、光書き込み材料（すなわち、マトリクス材料）と、光活性モノマー、光開始剤および/または他の添加剤との組み合わせの弾性率が少なくとも約 $10^5$  Pa（一般的には約 $10^5$  Pa~約 $10^8$  Pa、有利には約 $10^6$  Pa~約 $10^8$  Pa）になったときであると考えられる。

【0063】マトリクスポリマーおよびフォトポリマーの適合性により、コンポーネントを大規模（ $>100$  nm）に位相分離させることを防ぐ傾向が生じ、このような大規模な位相分離は典型的には、望ましくない不明瞭または不透明な結果へと繋がる。個々の反応によって重合する光活性モノマーおよびマトリクス前駆物質を用いると、実質的に架橋反応の無い硬化マトリクス（すなわち、マトリクスを硬化させる間に光活性モノマーが実質的に不活性のままである硬化マトリクス）を得ることができる。さらに、反応を個別にしているため、その後行われる光活性モノマーを重合させる工程が阻害されない。少なくとも1つの光活性モノマーはモノマー官能基を除いて1つ以上の部分を含み、これらは、ポリマーマトリクスには実質的に存在しない（すなわち、光活性モノマー中の全ての部分のうち20%未満が光書き込み材料中に存在する（すなわち、マトリクスにおいて電子対を共有した状態で結合する）ように、光活性モノマー中の部分を発見することが可能である。その結果得られた光学物品は、マトリクスが光活性モノマーから独立しているため、所望の屈折率の差を呈することが可能である。

【0064】ホログラム、導波管または他の光学物品を形成する工程は、媒体の露光領域と非露光領域との間の屈折率差（ $\Delta n$ ）に依存し、この差は、領域を露光させるモノマー拡散に少なくとも部分的に起因する。屈折率の差は高いほうが望ましい。というのも、屈折率の差を高くすると、ホログラムを読み出すときの信号強度を向上させ、しかも、光学波を導波管中に効率的に閉じ込めることが可能になるからである。本発明における高い屈折率差を提供する1つの方法は、部分（屈折率差部分と呼ぶ）を示す光活性モノマーを用いる方法であり、上記部分は、マトリクス中に実質的に存在せず、マトリクスの大部分の屈折率と実質的に異なる屈折率を有する。例えば、高い屈折率差は、脂肪族部分または飽和脂環式部分を主に含み、重原子および共役した二重結合（これは、低屈折率を可能にする）の濃度が低いマトリクスと、芳香族または類似の高屈折率部分から主に構成された光活性モノマーとを用いることにより、得られる。

【0065】マトリクスは、硬化工程（硬化とは、前駆物質の反応を誘導して高分子マトリクスを形成する工程を指す）によって、マトリクス前駆物質からインサイチュで形成された固体ポリマーである。前駆物質を1つ以上のモノマー、1つ以上のオリゴマー、またはモノマーおよびオリゴマーの混合物にすることが可能である。さらに、1種類より多い前駆物質官能基を単一の前駆物質分子上にまたは前駆物質分子群中に存在させることも可能である。（前駆物質官能基は、前駆物質分子上の群（単数または複数）であり、マトリクス硬化期間中の重合反応サイトである。）光活性モノマーとの混合を促進するために、前駆物質を約 $-50^\circ\text{C}$ ~約 $80^\circ\text{C}$ の温度で

液体であるようにすると有利である。マトリクス重合を室温で行うことが可能であると有利である。また、重合を5分間未満の時間で行うことが可能であっても有利である。光書き込み材料のガラス転移温度( $T_g$ )が、ホログラフィック書き込みプロセス期間の間に光活性モノマーの十分な拡散および化学反応が生じることができるよう低い温度であると有利である。一般的には、 $T_g$ の温度は、ホログラフィックが書き込まれる温度よりも50℃よりも高くない(すなわち、典型的なホログラフィック書き込みの場合、 $T_g$ は(従来の方法で測定された場合に)約80℃〜約130℃である)。

【0066】本発明におけるマトリクスポリマーを形成する際に用いられることが考えられる重合反応の例を挙げると、カチオンエポキシ重合、カチオンビニルエーテル重合、カチオンアルケニルエーテル重合、カチオンアレンエーテル重合、カチオンケテンアセタール重合、エポキシ-アミンステップ重合、エポキシ-メルカプタンステップ重合、不飽和エステル-アミンステップ重合(マイケル付加による)、不飽和エステル-メルカプタンステップ重合(マイケル付加による)、ビニル-シリコン水素化物ステップ重合(ヒドロシリル化)、イソシアネート-ヒドロキシルステップ重合(ウレタン形成)、およびイソシアネート-アミンステップ重合(尿素形成)がある。

【0067】適切な触媒を用いて、複数のこのような反応を可能にするかまたは加速させる。例えば、BF<sub>3</sub>。ベースの触媒を用いることによってカチオンエポキシ重合を室温で迅速に行い、他のカチオン重合をプロトンの存在下において進行させ、エポキシ-メルカプタン反応およびマイケル付加をアミンなどの塩基によって加速させ、遷移金属触媒(例えば、白金)の存在下でヒドロシリル化を進行させ、スズ触媒を用いた場合にウレタンおよび尿素の形成を進行させる。光生成期間の間に光活性モノマーを重合させないための工程を行う場合、マトリクス形成において光生成触媒を用いることも可能である。

【0068】光活性モノマーは、光開始型重合を起こすことが可能であり、かつ、マトリクス材料と組み合わせられると、本発明の重合反応要件および適合性要件を満たす任意のモノマー(単数または複数)である。適切な光活性モノマーを挙げると、フリーラジカル反応によって重合を起こすものが挙げられ、例えば、エチレン不飽和を含む分子(例えば、アクリル酸塩、メタクリル酸塩、アクリルアミド、メタクリルアミド、スチレン、置換されたスチレン、ビニルナフタレン、置換されたビニルナフタレン、および他のビニル誘導体)がある。フリーラジカル共重合可能な対システム(例えば、マレアートと混合されたエーテルおよびオレフィンと混合されたチオール)も適切である。カチオンによって重合可能なシステム(例えば、ビニルエーテル、アルケニルエーテル、

アレンエーテル、ケテンアセタールおよびエポキシ)を用いることも可能である。単一の光活性モノマー分子に1つより多くのモノマー官能基を含ませることができ。上述したように、本発明の物品の場合、書き込み媒体中での読出しが向上している場合であってもまたは導波管中への光の閉じ込めが効率的である場合であっても、屈折率差は比較的高い方が望ましい。さらに、この比較的大きな屈折率変化を少数のモノマー官能基で誘導しても有利である。なぜならば、モノマー重合は材料収縮を誘因することが多いからである。

【0069】このような収縮が発生すると、格納されているホログラムからデータを取り出す作業に対して有害な影響が生じ、(例えば、伝達損失または他の性能の変動の増加によって)導波管デバイスの性能も劣化する。そのため、必要な屈折率差を達成するために重合させなければならないモノマー官能基の数を低減すると望ましい。このようなモノマー官能基の数の低減は、モノマーの分子容と、モノマー上のモノマー官能基の数との間の比を大きくすることによって可能である。このような比の増大は、より大きな屈折率差部分および/またはより多数の屈折率差部分をモノマーに組み込むことにより、達成可能である。例えば、マトリクスが脂肪族または他の低屈折率部分から主に構成され、モノマーがより高い屈折率の化学種(ここで、より高い屈折率はベンゼン環によって得られる)から主に構成される場合、ベンゼン環ではなくナフタレン環(ナフタレンの方がボリュームが大きい)を組み込むか、または、モノマー官能基の数を増加させることなく1つ以上の付加ベンゼン環を組み込むことにより、モノマー官能基の数に対してその分子容を増加させることが可能である。このようにして、所与のボリューム部分(fraction)のモノマーの重合をより大きな分子容/モノマー官能基比で行うと、必要とされるモノマー官能基の重合量が小さくなり、これにより収縮量も小さくなる。しかし、モノマーの必要なボリューム部分だけでも非露光領域から露光領域へと拡散し、所望の屈折率が得られる。

【0070】しかし、モノマーの分子容は、拡散速度を受容可能な速度よりも遅くするほど、あまり大きくすべきではない。拡散速度は、拡散化学種のサイズ、媒体の粘性および分子間の相互作用などのファクターによって制御される。大きな化学種ほど、拡散速度も遅くなる傾向になるが、場合によっては、粘性を下げるかまたは存在する他の分子の調節を行って、拡散速度を受容可能なレベルまで上げることが可能である。また、本明細書中の議論に従うと、より大きな分子の場合では、マトリクスとの間の適合性を保証することが重要である。

【0071】屈折率に差がある複数の部分を含むモノマーについて、多くのアーキテクチャが可能である。例えば、その部分を線形オリゴマーの主鎖内に設けるか、または、オリゴマー鎖に沿った置換基にすることが可能で

10

20

30

40

50

ある。あるいは、屈折率に差のある部分を側鎖状または樹枝状の低分子量ポリマーのサブユニットにすることも可能である。

【0072】好適なアクリル酸塩モノマーは、単官能基である。その例を挙げると、2、4、6-トリブプロモフェニルアクリル酸塩、ペンタブロモアクリル酸塩、イソボルニルアクリル酸塩、フェニルチオエチルアクリル酸塩、テトラヒドロフルフリルアクリル酸塩、1-ビニル-2-ピロールイジノン、非対称ビスチオナブチルアクリル酸塩、2-フェノキシエチルアクリル酸塩などがある。

【0073】光活性モノマーに加えて、光学物品は典型的には、光開始剤も含む（光開始剤および光活性モノマーは、光結像システム全体の一部である）。光開始剤は、比較的低いレベルの書き込み光に露光されると、モノマー重合を化学的に開始するため、モノマーの光開始型重合を直接行う必要が無くなる。光開始剤は一般的には、特定の光活性モノマーの重合を開始させる化学種のソースを提供すべきである。典型的には、光結像システムの重量に基づいて0.1~20重量%の光開始剤を用いると、所望の結果が得られる。

【0074】当業者に公知のおよび市販されている様々な光開始剤が、本発明の用途に適切である。スペクトルの可視部分の光（特に、従来のレーザソースから得られる波長の光（例えば、Ar+（458、488、514nm）およびHe-Cdレーザ（442nm）の青ラインおよび緑ライン、周波数2倍YAGレーザ（532nm）の緑ライン、およびHe-Neレーザ（633nm）およびKr+レーザ（647および676nm）の赤ライン））に対して感度を有する光開始剤を用いると有利である。1つの有利なフリーラジカル光開始剤としては、ビス（ $\eta$ -5-2、4-シクロペンタジエン-1-イル）ビス[2、6-ジフルオロ-3-（1H-ピロール-1-イル）フェニル]チタンがあり、これは、CibaからCGI-784として市販されている。別の可視フリーラジカル光開始剤（これは共重合開始剤を必要とする）として、5、7、ジヨード-3-ブトキシ-6-フルオロンがあり、これは、Spectra Group LimitedからH-Nu470として市販されている。ダイー水素ドナーシステム（dye-hydrogen donor system）のフリーラジカル光開始剤も可能である。適切なダイの例を挙げると、エオシン、ローズベンガル、エリトロシンおよびメチレンブルーがあり、適切な水素ドナーを挙げると、3級アミン（例えば、*n*-メチルジエタノールアミン）がある。カチオンによって重合可能なモノマーの場合、カチオン光開始剤（例えば、スルホニウム塩またはヨードニウム塩）が用いられる。これらのカチオン光開始剤塩は、スペクトルのUV部分を主に吸収するため、ダイに対する感度を持つことが多く、これにより、スペクトル

の可視部分を用いることを可能にする。別の可視カチオン光開始剤の例として、（ $\eta$ -2、4-シクロペンタジエン-1-イル）（ $\eta$ -イソプロピルベンゼン）-鉄（II）ヘキサフルオロリン酸があり、これは、CibaからIrgacure261として市販されている。光結像システムにおいて他の添加剤（例えば、反射率が比較的高いかまたは低い不活性拡散剤）を用いることも考えられる。

【0075】好適には、光開始剤は、当該光開始剤の光源に対する感度に応じて選択される。例えば、Irgacure369、Irgacure819およびIrgacure907は、市販の青レーザシステムに適している。CGI-784は緑レーザシステムに適しており、CB-650は赤レーザシステムに適している。IrgacureおよびCGIはCibaから市販されており、CB-650はSpectra Groupから市販されている。

【0076】ホログラフィック書き込みを行う場合、マトリクスをメルカプタン-エポキシステップ重合によって形成されたポリマーにすると有利であり、ポリエーテル骨格を有するメルカプタン-エポキシステップ重合によって形成されたポリマーにするとより有利である。ポリエーテル骨格を用いると、複数の有用な光活性モノマー（特にビニル芳香族化合物）との所望の適合性が得られる。詳細には、スチレン、プロモスチレン、ジビニルベンゼン、および4-メチルチオ-1-ビニルナフタレン（MTVN）から選択された光活性モノマーを、メルカプタン-エポキシステップ重合によって形成され、ポリエーテル骨格を有するマトリクスポリマーと共に用いると有用であることが分かっている。屈折率に差のある部分を1つ以上有し、かつ、これらのポリエーテルマトリクスポリマーと共に用いる有用なモノマーとして、1-（3-（ナフサ（naphth）-1-イルチオ）プロピルチオ）-4-ビニルナフタレンがある。

【0077】マトリクス前駆物質および光活性モノマーの重合反応は、以下の条件を満たすように選択される。すなわち、（a）反応が異なる種類の反応中間体によって進行すること、（b）中間体またはマトリクスの重合条件のいずれによっても光活性モノマー官能基の実質的な重合が誘導されないこと、および（c）中間体またはマトリクスの重合条件のいずれによっても、（モノマー官能基とマトリクスポリマーとの間の）架橋反応（cross-reaction）の原因となるモノマー官能基の非重合反応が誘導されず、また、後の時点におけるモノマー官能基の重合を抑制もしないこと。アイテム（a）によれば、マトリクスの重合をイオン中間体を用いることによって行う場合、光活性モノマーの重合をフリーラジカル反応を用いて行うと適切である。しかし、アイテム（b）によれば、イオン中間体は、光活性モノマー官能基の実質的な重合を誘導すべきではない。また

アイテム(b)によると、例えば、光開始型フリーラジカルマトリクス重合は典型的には、光活性モノマー官能基の光開始型カチオン重合を誘導する点を認識する必要がある。従って、他の場合において独立した2つの反応は、両者が単一の反応条件によって駆動される場合、本発明の目的のために独立性を持たない。アイテム(c)によれば、例えば、光活性モノマー官能基が基質に反応して非重合反応を起こす場合、モノマー官能基の重合を個々の反応によって行う場合であっても、塩基触媒(b  
a  
s  
e  
-  
c  
a  
t  
a  
l  
y  
z  
e  
d)マトリクス重合は行うべきではない。特定の例として、塩基触媒エポキシ-メルカプタン重合をアクリル酸塩モノマーと組み合わせて用いるべきではないという例がある。なぜならば、アクリル酸塩は、フリーラジカル反応によって重合するものの、塩基触媒作用下ではメルカプタンと反応するため、架橋反応を起こすからである。

\*

	(Meth) アクリレート	スチレン 誘導体	ビニルエー テル	エポキシ
カチオン性エポキシ	O	O	X	X
カチオン性ビニルエーテル	O	O	X	X
エポキシ(アミン)	X	O	I	X
エポキシ(メルカプタン)	X	O	I	X
不飽和エステル(アミン)	X	O	I	X
不飽和エステル(メルカプタン)	X	O	I	X
ヒドロキシル化	X	X	X	O
ウレタン形成	O	O	O	X

本発明の目的のため、ポリマーのブレンドの混合物の90°の散乱光におけるレイリー比( $R_{90}$ )が $7 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ 未満である場合、当該ポリマーが適合性を有するとみなす。レイリー比 $R_{90}$ は、従来から公知の特性であり、媒体が非分極光のユニット強度で照射されたときの、方向 $\theta$ の量単位によって散乱されるステラジアンあたりのエネルギーとして定義される。これについては、M. Kerkerの「The Scattering of Light and Other Electromagnetic Radiation」(Academic Press, San Diego, 1969)に記載がある。測定に用いられる光源は一般的には、スペクトルの可視部分中の波長を有するレーザである。通常は、ホログラム書き込み用に意図された波長を用いる。散乱測定は、光書き込み材料がフラッド(flood)露光されると行われる。散乱光を、入射光から90°の角度で(典型的には光検出器によって)収集する。レーザ波長を集中させるため、狭帯域フィルタをこ

\*【0078】以下の表1は、マトリクス重合反応および光活性モノマー重合を個別に行うことが可能であり、かつ、重合が相互に干渉する場合のマトリクス/光活性モノマーの組み合わせのいくつかの例を示す。(光活性モノマーは水平方向であり、マトリクスポリマーは垂直方向である。「X」は、マトリクス重合の間の架橋反応またはモノマー重合を示す。「O」は、独立の反応を示す。「I」は、光活性モノマー重合が重合マトリクスを形成する試薬または反応によって抑制される(例えば、光活性モノマー官能基が非重合基に変換される、またはマトリクス硬化後に化学種が存在する(これは、モノマー官能基の重合の速度または収率を実質的に遅くする)ことを示す。

【0079】

【表1】

のような光検出器の前に配置して、蛍光をブロックすることが可能である(ただし、このような工程は不要である)。レイリー比は典型的には、既知のレイリー比を有する基準材料のエネルギー散乱と比較することによって得られる。

【0080】混和性であるとみなされたポリマーブレンドも(例えば、従来の試験(例えば、単一のガラス転移温度の提示)によって)適合性があることが多い(すなわち、混和性は適合性の一部である)。標準的な混和性に関する指針および表があると、適合可能な混合物を選択する際に有用である。しかし、上記の光散乱試験によると非混和性であるポリマー混合物を適合可能にすることも可能である。

【0081】ポリマー混合物が従来の方法によって測定された単一のガラス転移温度( $T_g$ )を示す場合、当該ポリマーブレンドは混和性であるとみなされることが多い。非混和性混合物は典型的には、個々のポリマーの $T_g$ 値に対応する2つのガラス転移温度を示す。 $T_g$ 試験

は、示差走査熱分析(DSC)によって行われることが最も多い。示差走査熱分析(DSC)は、 $T_g$ を熱フロー(典型的にはたて座標)中のステップ変化として示す。記録された $T_g$ は典型的には、たて座標が転移前の外挿基準線と転移後の外挿基準線との間の中間点に達したときの温度である。動的機械的分析(DMA)を用いて $T_g$ を測定することも可能である。DMAでは、材料の蓄積係数を測定する。材料の蓄積係数は、ガラス転移領域において数オーダーの大きさで低下する。特定の場合において、ポリマー混合物に個々に近接した $T_g$ 値を持たせることも可能である。このような場合、このような $T_g$ のオーバーラップを解消する従来の方法(例えば、Brinkeらによる「The thermal characterization of multi-component systems by enthalpy relaxation」(Thermochimica Acta., 238(1994)の75ページに記載の方法)を用いるべきである。

【0082】マトリクスポリマーおよびフォトポリマーのうち混和性を示すものを選択する方法は複数ある。例えば、混和性ポリマーについて複数の文献が公開されている(例えば、O. Olabisiらによる「Polymer-Polymer Miscibility」(Academic Press, New York, 1979; L. M. Robesonによる「MMI, Press Symp. Ser.,」(2, 177, 1982); L. A. Utrackiによる「Polymer Alloys and Blends: Thermodynamics and Rheology」(Hanser Publishers, Munich, 1989); およびS. Krauseによる「Polymer Handbook」(J. BrandrupおよびE. H. Immergut, Eds., 第3版, Wiley Interscience, New York, 1989, pp. VI347-370)。本明細書中、同文献の開示内容を参考のため援用する。このような参照文献において特定の対象ポリマーが見付からない場合においても、記載のアプローチを用いれば、制御サンプルを用いることによって適合可能な光書き込み材料を決定することが可能である。

【0083】ブレンドが混和性であるかあるいは適合可能であるかを判定する工程は、混和性を駆動することの多い分子間の相互作用について考慮することにより、さらに支援される。例えば、ポリスチレンおよびポリ(メチルビニルエーテル)は、メチルエーテル基とフェニル環との間に親和性の相互作用を起こすため、混和性であることは周知である。従って、一方のポリマーにおいてメチルエーテル基を用い、他方のポリマーにおいてフェニル基を用いることにより、2つのポリマーの混和性または少なくとも適合性を促進させることが可能である。

イオン相互作用が得られる適切な官能基を組み込むことにより、非混和性ポリマーを混和性にすることが可能であることも実証されている(Z. L. ZhouおよびA. Eisenbergによる「J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed.,」(21(4), 595, 1983); R. MuraliおよびA. Eisenbergによる「J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys.,」(26(7), 1385, 1988); ならびにA. Natansohnらによる「Makromol. Chem., Macromol. Symp.,」(16, 175, 1988)を参照されたい)。例えばポリイソブレンおよびポリスチレンは非混和性である。しかし、ポリイソブレンを部分的に(5%)スルホン化し、4-ビニルピリジンをポリスチレンと共重合させると、これらの2つの官能基化された(functionalized)ポリマーの混合物は混和性になる。このブレンドの混和性を可能にするのは、スルホン酸基とピリジン基との間のイオン相互作用(プロトン転移)が駆動力であると考えられる。同様に、通常非混和性であるポリスチレンおよびポリ(エチルアクリル酸塩)が、ポリスチレンを光学的にスルホン化することにより、混和性にされている(R. E. Taylor SmithおよびR. A. Registerによる「Macromolecules」(26, 2802, 1993)を参照されたい)。電荷移動によっても、通常非混和性である混和性ポリマーが作製されている。例えば、ポリ(アクリル酸メチル)およびポリ(メタクリル酸メチル)は非混和性であるものの、前者を(N-エチルカルバゾール-3-イル)アクリル酸メチル(電子ドナー)と共重合させ、後者を2-[(3,5-ジニトロベンゾイル)オキシ]メタクリル酸エチル(電子アクセプタ)と共重合させたブレンドは混和性である(ただし、適切な量のドナーおよびアクセプタが用いられた場合)(M. C. PitonおよびA. Natansohnによる「Macromolecules」28, 15, 1995)を参照されたい)ことが示されてきた。ポリ(メタクリル酸メチル)およびポリスチレンはまた、対応するドナーアクセプタモノマーを用いることによっても、混和性にすることが可能である(M. C. PitonおよびA. Natansohnによる「Macromolecules」28, 1605, 1995)を参照されたい)。

【0084】ポリマーの混和性または適合性を評価するための様々な試験方法が存在する(例えば、最近発行されたA. HaleおよびH. Bair, Ch. 4による「Polymer Blends and Block Copolymers」(Thermal Characterization of Polymeric Materials」(第2版, Academic Press, 1997)に記載の概要において反映さ

れている方法)。例えば、光学的方法の分野において、不透明度は2つの位相材料を示すことが多く、一方、透明度は適合可能なシステムを示すことが多い。混和性を評価するための他の方法を挙げると、中性子散乱、赤外線分光法 (IR)、核磁気共鳴 (NMR)、x線散乱および回折、蛍光、ブリュアン散乱、溶融滴定、熱量測定および化学ルミネセンスがある (例えば、L. Roberson, 「supra」; S. Krauseによる「Chemtracts-Macromol. Chem.」(2, 367, 1991a; D. Vesselyによる「Polymer Blends and Alloy」(M. J. FolkesおよびP. S. Hope, Eds., Blackie Academic and Professional, Glasgow, pp. 103~125; M. M. Colemanらによる「Specific Interactions and the Miscibility of Polymer Blends」(Technomic Publishing, Lancaster, PA, 1991); A. Gartonによる「Infrared Spectroscopy of Polymer Blends, Composites and Surfaces」(Hanser, New York, 1992); L. W. Keltsらによる「Macromolecules」(26, 2941, 1993); およびJ. L. WhiteおよびP. A. Mirauによる「Macromolecules」(26, 3049, 1993); J. L. WhiteおよびP. A. Mirauによる「Macromolecules」(27, 1648, 1994); およびC. A. Cruzらによる「Macromolecules」(12, 726, 1979); およびC. J. Landryらによる「Macromolecules」26, 35, 1993を参照されたい)。

【0085】反応性基をポリマーマトリクスに組み込むことにより、通常は適合不可能なポリマーにおける適合性が促進されてきた。ここで、このような基は、ホログラフィック書き込み工程の間に光活性モノマーを反応することが可能である。これにより、書き込みの間、光活性モノマーの一部を、マトリクス上にグラフトする。これらのグラフトが十分にある場合、書き込み期間中の位相分離を無くすかまたは低減することが可能である。しかし、グラフト部分 (moiety) およびモノマーの屈折率が比較的類似する場合、過剰な量のグラフト (例えば、マトリクスにグラフトされたモノマーのうち30%を超えるモノマー) が、屈折率差を望ましくないレベルまで低減させる傾向となる。

【0086】本発明のホログラフィック書き込み媒体は、光書き込み材料を適切に支持することによって形成されるため、ホログラフィックの書き込みおよび読出し

が可能である。典型的には、媒体を作製する工程は、例えばガasketを用いて混合物を設けて2つの板の間にマトリクス前駆物質/光結像システム混合物を堆積させる工程を含む。これらの板は典型的にはガラスであるが、データを書き込む際に用いられる放射に対して透過性である他の材料 (例えば、プラスチック (例えば、ポリカーボネートまたはポリ (メタクリル酸メチル)) を用いてもよい。これらの板の間にスペーサを設けて、書き込み媒体に適した所望の厚みを維持するようにしてもよい。マトリクス硬化期間中の間、材料が収縮しているときにこれらの板中に応力を発生させることが可能である。このような応力は、これらの板の平行度および/または間隔を変化させるため、媒体の光学特性に悪い影響を与える。このような影響を低減するためには、平行度および/または間隔が変化するのに応答して調節することが可能なマウント (例えば、真空チャック) を含む装置中にこれらの板を配置すると有用である。このような装置において、従来の干渉方法を用いることにより平行度をリアルタイムでモニタリングし、硬化期間中に必要な任意の調節を行うことが可能である。このような方法については、例えば、米国特許出願シリアル番号第08/867, 563号に記載がある。本明細書中、同出願の開示内容を参考のため援用する。本発明の光書き込み材料は、他の方法で支持することも可能である。例えば、マトリクス硬化を行う前に、マトリクス前駆物質/光結像システム混合物を基板の細孔 (例えば、ナノレベルで多孔質のガラス材料 (例えば、バイコール)) 中に堆積させることが考えられる。より従来型のポリマー処理 (例えば、閉成形形成またはシート押出し) も考えられる。層状媒体 (すなわち、基板間に堆積された光書き込み材料層を備える複数の基板を含む媒体 (例えば、ガラス)) も考えられる。

【0087】その後、本発明の媒体は、上述したようなホログラフィックシステムにおいて用いることが可能となる。ホログラフィック媒体に格納することが可能な情報の量は、光書き込み材料の屈折率差 (contrast) ( $\Delta n$ ) および光書き込み材料の厚み ( $d$ ) の積に比例する (屈折率収縮 (contract)  $\Delta n$  は従来から公知であり、平面波、ボリュームホログラムの書き込み先となる材料の屈折率の正弦波の変化の振幅として定義される。屈折率は以下のようにして変化する: すなわち、 $n(x) = n_0 + \Delta n \cos(Kx)$  (ここで、 $n(x)$  は空間において変化する屈折率であり、 $x$  は位置ベクトルであり、 $K$  は格子波ベクトルであり、 $n_0$  は媒体の基準線屈折率である) (例えば、P. Hariharanによる「Optical Holography: Principles, Techniques, and Applications」(Cambridge University Press, Cambridge, 1991, 44ページを参照されたい)。材料の

$\Delta n$ は典型的には、媒体に書き込まれた単一のボリュームホログラムまたは多重化された一連のボリュームホログラムの回折効率または効率から計算される。 $\Delta n$ は書き込み前に媒体と関連付けられるが、書き込み後に行われる測定によって観測される。本発明の光書き込み材料の $\Delta$ を $3 \times 10^{-3}$ 以上にすると有利である。

【0088】他の光学物品の例を挙げると、ビームフィルタ、ビームステアラーまたはデフレクタ、および光学結合器がある（例えば、L. SolymanおよびD. Cookeによる「Volume Holography and Volume Gratings」(Academic Press, 315~327 (1981))を参照されたい。本明細書中、同文献の開示内容を参考のため援用する）。ビームフィルタは、残りのビームから特定の角度に沿って移行する入射レーザービームの一部を分離させる。詳細には、肉厚の伝達ホログラムのブラッグ選択性は、回折光を特定の入射角度に沿って選択的に回折させることができ、一方、他の角度に沿って移動する光は、ホログラムを通過しても屈折しない（例えば、J. E. Ludmanらによる「Very thick holographic nonspatial filtering of laser beams」(Optical Engineering, Vol. 36, No. 6, 1700 (1997))を参照されたい。本明細書中、同文献の開示内容を参考のため援用する）。ビームステアラーは、ブラッグ角度で入射する光を屈折させるホログラムである。光学結合器は典型的には、ソースからターゲットへの光をステアするビームデフレクタの組み合わせである。これらの物品（ホログラフィック光学素子と呼ばれることが多い）は、データ格納について上述したように書き込み媒体中に特定の光学干渉パターンを結像することにより、作製される。これらのホログラフィック光学素子用の媒体は、本明細書中において書き込み媒体または導波管について説明した技術によって形成することが可能である。

【0089】本明細書中において説明した材料に関する原理は、ホログラム形成だけではなく光伝達デバイス（例えば、導波管およびビームアボダイザー）の形成にも適用可能である。高分子光導波路については、例えば、B. L. Boothによる「Optical Interconnection Polymers」(Polymers for Lightwave and Integrated Optics, Technology and Applications, L. A. Hornak, ed., Marcel Dekker, Inc. (1992))；米国特許第5, 292, 620号；および米国特許第5, 219, 710号に記載がある。本明細書中、同文献の開示内容を参考のため援用する）。本質的には、本発明の書き込み材料は、所望の導波管パターンによって照射されると、導波管パターン

と周囲の（クラッド）材料との間に屈折率差を提供する。本発明の書き込み材料を露光させる場合、例えば、集束レーザー光を用いてもよいし、あるいは非集束光源を備えたマスクを用いてもよい。一般的には、上記の様式で1枚の層を露光させると導波管パターンが得られ、さらに層を追加すると完全なクラッドが得られ、これにより導波管が完成する。このようなプロセスについては、例えば、Booth、「supra」のページ235~236および米国特許第5, 292, 620号のClaims. 5および6に記載がある。本発明の利点は、従来の成形技術を用いることにより、マトリクス硬化を行う前にマトリクス/光結像システム混合物を様々な形状に成形することが可能である点である。例えば、マトリクス/光結像システム混合物をリッジ導波管に成形することが可能であり、その場合、成形された構造に屈折率パターンを書き込む。その結果、ブラッグ格子のような構造を容易入力形成することが可能となる。本発明のこの特徴により、このような高分子導波管を有用に用いることが可能な用途範囲が広がる。

【0090】本発明のさらに別の局面において、基準ビームは非球面ビームである。「球面ビーム」とは、点または細いアパチャから放射された光から得られたビームのことである。伝播しているビームには、起点から外向きに拡張する同心の球面からなる波面がある。

【0091】高開口数（NA）対物レンズに入射基準ビームを生成させると好適である。これによって得られたビームは球面波であり、レンズの焦点から放射される。レンズのNAにより、図3に示すような伝播ビームの角度の広がり（θ）が決定する。NAが高いほど、ビームの角度の広がりも大きくなる。

【0092】好適には、媒体の一領域に垂直な軸からずれた位置にある入射基準ビームの角度は、約 $10^\circ$ ~約 $60^\circ$ である。より好適には、入射基準ビームの角度は約 $20^\circ$ ~約 $50^\circ$ である。最も好適には、入射基準ビームの角度は、約 $30^\circ$ ~約 $40^\circ$ である。

【0093】本発明は、以下の実施例を参照すると、より深く理解される。これらの実施例は、速度特定の実施形態を本明細書中の特許請求の範囲全体内に収まる範囲で説明することを意図している。

【0094】一実施形態において、球面基準ビームである入射基準ビームが、媒体から5 mm離れた位置にある点ソースから、平面媒体の垂線から $\theta_1 = 35^\circ$ 離れた角度で放射される。図4は、この実施例のシステムのレイアウトを示す。入射基準ビームは、入射平面I1において光学システムに入射する。このビームは、この入射平面I1においてアボダイザー（A1）によって変更される。ビームがアボダイザー（A1）から出て行くと、そのビームは変調された基準ビームとなり、平面I2を通過する。その結果得られた平面I2における強度分布を対物レンズ（L1）に入力し、媒体の一領域（ここで



は平面領域)に入射する発散球面波に変換する。この領域は、媒体の表面であってもよいし、または媒体内であってもよい。レンズの集束点は点Pである。平面領域上の変調された基準ビームの強度分布(図4の場合は媒体前面)は、I3によって得られる。図4では、平面および平面上の強度分布をどちらとも同じ識別名で設計している点に留意されたい。例えば、I3は、図4に示す平面I3上の強度分布を指す。

【0095】平面I1への照射が完全に均一である場合、アボダイザーが無くとも、強度分布I3の不均一性は大きくなる。焦点Pに近い媒体部分は、焦点Pから離れた媒体部分よりも強度が高い。図5は、(図5(a))を用いずに(図5(b))を用いてアボダイゼーションによる修正を行った場合の平面I3における強度を示す。

【0096】強度分布I3を均一な値に修正するために、変更後の強度分布I2が媒体まで伝播し、均一な状態で平面I3に到着するように、アボダイザーA1を構築する。必要なアボダイザーを図6に示す。図6において、暗色の影は、アボダイザーを通じた光伝達が小さいエリアを示す。

【0097】必要なアボダイザーA1を演算する方法は複数ある。例えば、平面I2中の各位置について、媒体平面I3上に伸びる複数の光線を追跡する。平面I3において光線束によって包囲されるエリアと平面I2において光線束によって包囲されるエリアとの間の比は、強度変化に比例する。 $(x_2, y_2)$ が、平面I3上の点 $(x_3, y_3)$ への光線追跡によって関連付けられた平面I2上の位置を指すと仮定する。位置 $(x_2, y_2)$ における $(x_3, y_3)$ におけるエリア比を、 $r(x_3, y_3) = \text{エリア3}(x_3, y_3) / \text{エリア2}(x_2, y_2)$ によって表されると仮定する。所望の目的は平面I3を均一に照射することであるため、位置 $(x_3, y_3)$ においてアボダイゼーションが $r(x_3, y_3)$ となるように設定する。この方法により、所望のアボダイザー透過率が決定する。アボダイザーをインプリメントするには、2つのアプローチをとることが可能である。

【0098】第1のアプローチは、伝達マスクを備えたアボダイゼーションシステムである。インプリメンテーションの簡素化の方がパワー効率よりも優先される場合、伝達マスクを用いて所望のアボダイゼーション機能を作成することが可能である。平面I1における入力強度分布を例にとって、この入力強度分布を、所望の平面強度I2による画像を通じて点方向に分割する。この比により、必要な透過率マスクが決定する(透過率は1以上にはならないため、マスクは受動型のコンポーネントであり、光を生成しない)。次いで、マスク全体の透過率を当該マスクの最大透過率値でスケールリングする。その結果得られたマスクの最大透過率は1となり、最小透過率は0(ゼロ)となる。この再スケールリングは、入力

ビームパワー利用が非効率になる原因である。

【0099】透過率マスクを作製する際、複数の簡便なオプションが利用可能である。透過率機能を変更させるスケールが数百ミクロンのオーダーであり、かつ、基準ビームの位相プロファイルが重要でない場合、レーザプリンタを用いて、マスクを透明物(transparency)の上に配置することができる。あるいは、フォトリソグラフィーを用いて、バイナリマスクおよびグレイスケールマスクを作製する。この場合、アボダイザーを光学的にフラットにし(すなわち、位相ひずみの無い状態にし)、無反射コーティングすることが可能である。フォトリソグラフィープロセスを用いると、透過フィーチャをミクロンのオーダーで精度良く作製することが可能である。

【0100】どちらのマスク作製方法においても、レーザジェットによる透明物またはフォトリソグラフィーによってアボダイザーを作製すると、その結果得られたマスクは、そのマスクを平面I1と平面I2との間に配置するだけで、システムにおいて用いられる。マスクと入力ビームとの間のアライメントが必要になる場合があり、その場合、マスクの位置を平面I3中の強度の測定値が所望の均一性仕様値になるまで調節することにより、所望のアライメントが得られる。

【0101】第2のアプローチは回折性アボダイゼーションシステムであり、このシステムでは、回折を用いて、暗色にすべき領域から明色にすべき近隣領域へと光学パワーを移動させる。複数の光学素子を備える多素子望遠鏡(例えば、図2に示すような多素子望遠鏡)は、高効率の変調された基準ビームを生成することが可能であり、この変調された基準ビームは、ひずみがほとんど無い状態で数メートルを伝播することができ、回折によって限定される波面品質を有する。入射基準ビーム/変調された基準ビーム変換器は、レンズ、プリズムなどを含む光学素子を用いて、光学収差を入射基準ビームに導入し、特定のプロファイルからの入射基準ビームパワーを所望の変調された基準ビームプロファイルに再分配する。この回折アボダイゼーションシステムにおいて、非球面光学素子は、収差した入射基準ビームをコリメートし、波面品質を所望の変調された基準ビームの波面品質と同じレベルまで回復させる。このような回折アボダイゼーションシステムのための素子の作製は、利用可能なコンピュータ制御によるポリッシング技術を用いて行うことが可能であり、コンピュータによって生成されたホログラムを用いて試験することが可能である。

【0102】ホログラフィック書き込み媒体上の変調された基準ビームの実質的に均一な強度プロファイルを達成するためのアボダイゼーションシステムが開示される。上記実質的に均一な強度プロファイルは、任意のおよび全ての書き込まれたホログラムの品質を向上させる役割を果たす。高密度のホログラフィック格納におい

て、上記アボダイゼーションシステムは、必要なホログラム範囲を低減させ、かつ、任意の忠実度に関する制約（パワー予算、結像公差、エラー速度、ノイズフロア（noise floor））を維持する。さらに、高忠実度のホログラフィック格納において、ホログラム書き込みパラメータをより良好に制御することが可能である。上記良好な制御により、画像品質に関するより厳密な仕様を達成することが可能となる。

【0103】上記記載を提示したのは、当業者が本発明を作成または使用することができるようにするためであり、また、特定の用途およびその要件の文脈において記載したものである。当業者にとっては、好適な実施形態の様々な改変が容易に明らかであり、本明細書中に規定した一般的な原理は、他の実施形態および用途にも、本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく適用可能である。そのため、本発明は図示の実施形態に限定されることを意図しておらず、本発明には、本明細書中に開示された原理および機能と矛盾しない最も広い範囲が与えられるべきである。

【0104】本願は、いくつかの数値範囲の限定を開示している。本発明は開示された数値範囲内の任意の数値で実施することが可能であるため、当業者であれば、この開示の数値範囲は、本明細書中に範囲限度に関する記載が本明細書中に記載されていないなくても、開示された数値範囲内の任意の範囲を本質的に支持することを認識する。これと反対の意味は「実質よりも外観を優先させる」であり、それは、記載の要件のために本明細書中の特許請求の範囲の内容を骨抜きにする。本明細書中の特許請求の範囲は、出願手続きの間、単に出願人らの本願における開示内容が広すぎるという理由だけで範囲が狭められる場合があり、その場合、出願人らは、出願手続きの間、本明細書中の特許請求の範囲を狭めることができる。最後に、本明細書中、本願において参照した特許および文献の発明全体を参考のため援用する。 \*

# \*【0105】

【発明の効果】本発明の方法は、ホログラフィック書き込み媒体のための入射基準ビームをアボダイズする方法であって、該入射基準ビームをアボダイザーに入射させる工程と、実質的に均一な強度プロファイルを有する変調された基準ビームを該ホログラフィック書き込み媒体の一領域上に生成する工程とを包含し、該入射基準ビームは、該領域中の点における垂線から軸がずれ、該領域は、該変調された基準ビームおよびオブジェクトビームのオーバーラップを含む方法である。これによって、パワーの中央60%以外の部分の強度が均一な基準ビームを生成する方法を提供することが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、ホログラフィックシステムの基本的コンポーネントを示す。

【図2】図2は、一对の光学素子を示す。これらの光学素子の非球面表面により、入力ビームからのパワーがガウス曲線プロファイルの様態で再分配され、その結果、図示のような出力が得られる。

【図3】図3は、対物レンズの開口数を示す。

【図4】図4は、本発明のアボダイゼーションシステムの実施形態を示す。

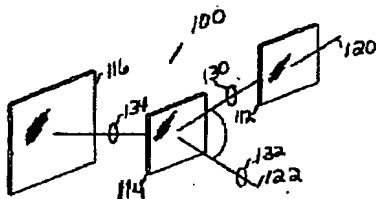
【図5】図5は、（図5（a））および（図5（b））のアボダイゼーションを用いなかった場合のホログラフィック書き込み媒体の一領域上の基準ビームの強度を示す。

【図6】図6は、本発明のアボダイザーの実施形態を示す。

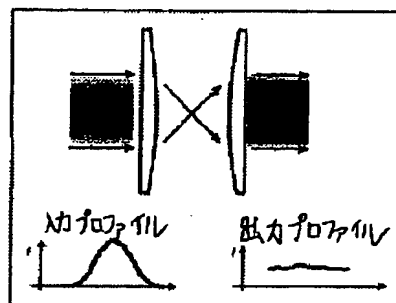
## 【符号の説明】

100 ホログラフィックシステム  
112 SLM  
120 信号ビーム  
130 レンズ

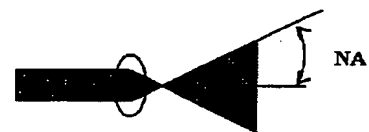
【図1】



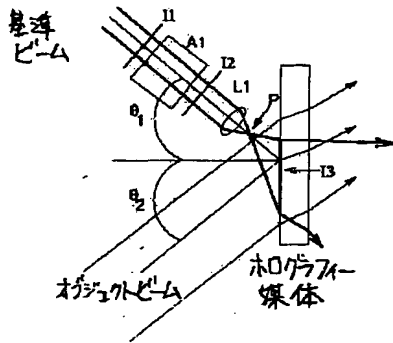
【図2】



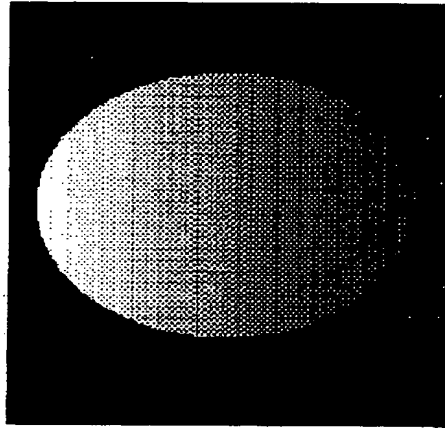
【図3】



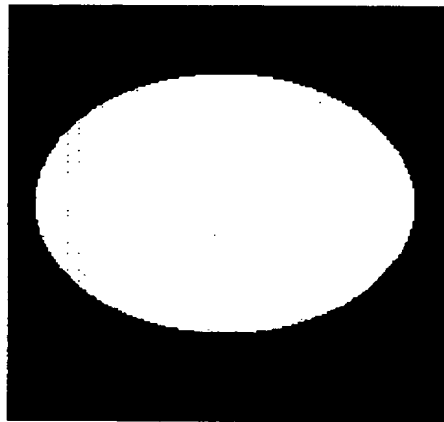
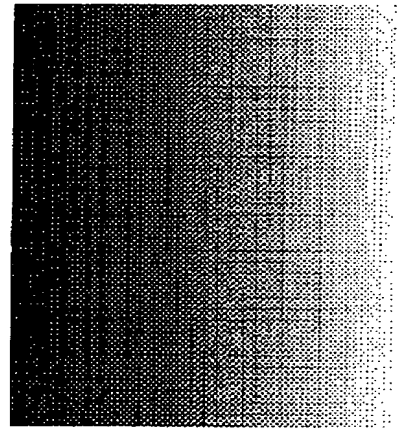
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 7/135

識別記号

F I

G 0 6 K 19/00

テーマコード(参考)

D

F ターム(参考) 2K008 AA04 BB04 DD13 HH25  
 5B035 BB05 BB12  
 5B072 CC35 DD01 LL01 LL07  
 5D090 BB16 EE01 KK01 KK02 KK09  
 KK12 KK15 LL02 LL03  
 5D119 AA23 BB20 DA01 EB01 EB03  
 EB09 EB10 EC26 FA08 JA58  
 JA70